宜蘭低產水田土壤與性質施用矽酸鈣、稻草、重肥及暗渠排水改良效果關係之研究[1]

陳　春　泉[2]

摘要：1.宜蘭淺層土壤及排水不良稻田面積廣大，水稻患病率高，產量低落，亟待改良，乃於三星淺層剖面土壤及多山排水不完全土壤，舉辦改良試驗。

2.三星以施用矽酸鈣、稻草、重磷鉀及鉀穗肥等處理。多山除此等處理外並加暗渠排水，即以谷殼爲暗渠排水溝之塡充材料，每距50公分設平行暗渠一條，作改良試驗。

3.結果多山排水不完全土壤，以谷殼作暗渠排水對不設暗渠，施用稻草者，谷增產15%（二期5.4%），不施稻草者增產13%（二期10%）。

4.多山施用稻草，一期增產31%（二期稻殘效21%）。故土地生產力低者，稻草有增產之效果。

5.多山重磷鉀鉀穗肥對普通肥料區增產11.5%（二期0.4%）。

6.多山施用矽酸鈣 3,000kg/ha 並重磷鉀肥鉀穗肥對普通肥料區增產 45.7%（二期14.8%）。

7.三星施用稻草微有減產，但差異不顯著，故土地生產力高者稻草之效果不明顯。

8.三星施用矽酸鈣加重磷鉀鉀穗肥谷略有增產，但差異不顯著。矽酸鈣加重磷鉀鉀穗肥對重磷鉀鉀穗肥，稻草增產達5%顯著度。

9.三星土壤深度差異大，表土厚度與谷產量，土層厚度與谷產量均成顯著之相關；谷產量與此二種土壤厚度，複相關亦極顯著，相關係數各爲0.48**、0.49**及0.56**。土層厚度達65公分以上，土層加厚則不再增產。故土層厚度以65公分爲佳，若小於65公分則恐難望極高之產量。

10.在多山水稻體含 SiO_2 量與葉稻熱病成負相關，與谷產量成正相關，矽及排水爲主要增產因素。三星一期作因特別注意防病，則 SiO_2 之含量不構成重要增產因素。

11.二期作三星施矽酸鈣區，不噴病藥者產量比噴病藥者爲高。其他處理則反是。多山大體上暗渠排水者，不噴藥區谷產量高於噴藥者，不排水者則反是。

12.排水可增進水稻對 SiO_2 之吸收，亦有促進其他元素有效性之趨勢。

13.三星試驗地土地生產力中上，土壤含置換性 Ca、Mg 有效性 P、K 均較多山爲高。其植物體含量亦較高。因三星土壤培肥佳。故改良土壤須從分析土壤及植物，觀察土壤剖面形態，並對照作物產量諸方面通盤加以研究，而探尋水稻增產之對策。

前　言

宜蘭縣水田土壤；較少受人注意。由於民國64年秋天，舉行宜蘭縣土壤詳測，始發現約在30,000公頃耕地中，有6,000公頃爲土層深度僅有 10—40公分之水田，當年二期作水稻普遍遭受嚴重病蟲爲害，且穗數少（每欉8—13穗）。又在多山、五結及莊圍、礁溪等鄉，地位低之水田近一萬公頃，稻穗病亦烈，水稻產量甚低，雖整修大排水溝後土壤仍是排水不良狀態(5)。

野外工作時，所遇農友，皆以此低產問題相詢。

經觀察三星淺層土壤地帶，自宜蘭濁水溪引進濁水灌漑，凡稻田之入水口，沉積泥沙較多，水稻穗病率亦較低，可能因土壤中有效性矽不足(13)，而入水口處泥沙中所含較多而使水稻較爲健康。連

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 834 號。

2. 臺灣省農業試驗所技正。

深先生證明本省北部土壤，施用 SiO_2，水稻可增產 9—13%[2,3]。排水不良，亦爲水稻產量減低誘因之一。連深先生在彰化得此印證[1]，三井進午等研究土壤還元，水稻根生長受其阻害[6]。Malcolm 等試驗，水化氧化鐵鋁能吸收 Si $(OH)_4$[10]，故還元土壤有效 Si 將降低，而使水稻吸收不足。Giordano 等以14日幼苗作試驗，$MnCl_2$、$FeCl_2$ 在 10^{-4}M 濃度時，減低根對 Zn 之吸收及轉運[7]。故土壤排水當可促進水稻生長。再查淺層土壤或產量較低之較瘠土壤，由於土壤肥力不繼，農民每於水稻生長後期，補施氮肥，以致抽穗期水稻莖葉過分幼嫩，且宜蘭於秋末常有陰雨，稻病之發生率勢將大增，如能施用稻草以補充土壤所缺之有機質，使所施氮肥較少損失而增其效能[8,9]，或能補救此一缺點。

基於上述原因，於民國65年，在三星淺層土壤區及多山排水不良土壤區，舉行稻田排水，施用稻草、重磷鉀肥及鉀穗肥綜合試驗，以探討此二種水田土壤之改良效果及對策。

試驗材料

土壤：多山土壤；母質爲片岩，土層深度大於120公分餘質地爲坋質粘壤土，於 40至70公分處呈暗灰色，爲集水之象徵，但70公分以下土壤，則爲淺灰色深層冲積土，此一帶過去「稻病」問題頗爲嚴重，普通產量僅3,000公斤／公頃左右。三星鄉大州土壤，土層深度變異大（自25—85公分），以35—45公分者居多，爲老河床地，母質爲粘板岩，質地爲坋質壤土，排水佳，經營農民爲篤農家，土壤培肥佳，生產力中上。至於土壤成分，請閱後文。

矽酸鈣：稻草及谷殼：矽酸鈣爲省產，其主要成分爲 SiO_2 31%，CaO 44%，MgO 1.7%。稻草及谷殼爲農戶所供應。

試驗方法

I.處　理

1.稻草效果試驗

（1）稻草量 3,000kg/ha 及 6,000kg/ha二平準（稻草於插秧前29日埋入，二期作不施稻草）。

（2）埋稻草時施用 NP 肥料 不施 NP（2.4處理）及施 N 27%，P 100%(1.3處理）二平準。共四處理，各處理施用 N 144kg/ha（二期 85，兩期皆因稻葉濃綠不施穗肥），P_2O_5 及 K_2O 各 60kg/ha。

2.施用肥料試驗

（5）普通肥料區 N 120kg/ha（二期85），二期不施穗肥，以下各處理同，因恐雨天發病之故。P_2O_5 及 K_2O 各60kg/ha。

（6）重磷鉀及鉀穗肥 N 120kg/ha（二期85），P_2O_5 100kg/ha 及 K_2O 120kg/ha。

（7）肥料同（6）加施矽酸鈣，每期作 3,000kg/ha。

（8）同（6）處理，原定爲乾整地，因遇雨，無法執行，故實際同處理（6），（多山設此處理，三星不設此處理）。

NK 分施%列於表 1。

表1. N K 分施 %

稻草試驗

期作	要素	基肥	一追	二追	三追	穗肥
一期	N (%)	40	20	17	15	
	K_2O(%)	30	10	27	30	
二期	N (%)	29	36	35		
	K_2O(%)	35	40	25		

1.二試驗以 P_2O_5 100% 作基肥。
2.稻草試驗埋草施用 NP 處理於水稻基肥時減施等量之 NP.
3.施肥量及%爲實際施用量。

肥料試驗

期作	處理	要素	基肥	一追	二追	三追	穗肥
一期	處理 5	N	15	30	25		
		K_2O	35	40	25		
	處理 6 7 8	N	15	30	25		
		K_2O		10	30	15	15
二期	各處理	N	19	46	35	40	20
	處理 5	K_2O	35	40	25		
	其他處理	K_2O	10	10	30	40	20

3.排水處理　設在多山，上述1，2試驗各處理又分爲排水和不排水二處理。

Ⅱ.田間排列　三星各處理重覆五次，完全逢機區集。多山裂區排列，以排水及不排水爲主區，其他各處理爲副區，重覆四次。

二處之1，2試驗併列於同一塊土地，以便比較稻草及其他肥料之效果。

Ⅲ.多山暗渠排水方法　試驗區主區爲排水處理者，每隔50公分開掘寬10公分，深 35公分平行溝，填入谷殼，高10公分，然後塡入原掘出之土壤至平。溝之兩端，各開寬30公分，深45公分之明溝，導水至田外，然後整地插秧。不排水處理者，僅行整地。

Ⅳ.小區面積　多山 3 × 6 公尺=18平方公尺；三星 6 × 4 公尺=24平方公尺。

Ⅴ.採樣及收穫　每小區留水稻二行，供採植株樣品，於最高分蘗期及幼穗形成期各取一次，每次每小區取5個半欉；收穫時採谷及藁，各處理四（或五）重覆樣品混合後，取樣一個。

結　果

水稻產量列於表2及表3。依表2及3所示：

1.產量低之多山水田，以普通肥料（處理5）爲標準時，施用稻草一期增產谷23%，二期作稻草殘效增產谷9%。但在土壤培肥佳之三星大州土壤（雖爲淺層土），處理5一期谷產量高於稻草區（5%），二期則6%。

故土壤生產力低者，稻草有增產之效，如土壤生產力高，則稻草之效果不可靠，與 Yong 以抽出腐植質施於玉米苗，土壤有機物低者，反應良好，反之，土壤有機物高者，則得負反應或無反應[15]之情形近似。

2.就生產力低之多山水田言，一、二期作施用稻草3,000 及 6,000kg/ha，效果無大差異。

3.埋草時施用 N P 肥料時，一、二期作皆比不施 N P 者略有減產，但差異不顯著。至於三星試驗地，此二處理仍無較明顯之差異。故一期作施用稻草後29天插秧，再在插秧時施 N P 基肥，似不致於發生因稻草分解微生物之競爭而使水稻缺氮之狀況。故埋入稻草時不必施用 N 肥乃可減短其在田中散失之時間。

4.稻草產量，除多山一期作 3,000公斤／公頃於稻草埋草時施用 N P 肥料比不施者高達1%顯著度，及二期作不施 N P 者比施用 N P 者高近5%顯著度外，其餘差異皆不顯著。

水稻產量（公斤／公頃）

表 2. 稻草及排水處理水稻產量比較表

A. 多山試驗地

(A) 稻 草 處 理

處理 ＼ 穀草		穀產量						草產量					
		稻草用量						稻草用量					
		3,000kg/ha		6,000kg/ha		平均		3,000kg/ha		6,000kg/ha		平均	
埋草施肥	排水	重複平均	平均	重複平均	平均			重複平均	平均	重複平均	平均		
一期作													
埋草時不施肥	排水	4763	4291.5	4699	4505.5	4731	4401	3724	3585.5	3949	3790.5	3836.5	3688
	不排水	3820		4312		4066		3447		3632		3539.5	
埋草時施肥	排水	4551	4295.5	4324	4050	4437.5	4172.8	4057	3910.5	3950	3812	4003.5	*△ 3861.3
	不排水	4040		3776		3908		3764		3674		3719	
平均		4293.5		4277.7		4285.6		3748		3801.2		3774.6	
二期作													
埋草不施肥	排水	3294	3170	3250	3200	3271.5	* 3184.5	2580	2512	2524	2523	2552	△ 2517.3
	不排水	3046		3150		3097.5		2443		2522		2482.5	
埋草施肥	排水	3150	3088	3167	3074.5	3158.5	3081.3	2453	2416	2467	2460	2460	2437.5
	不排水	3026		2982		3004		2378		2453		2415.5	
平均		3129		3181.7		3155.4		2463.5		2491.5		2477.5	

(B) 排水處理產量

處理 ＼ 期作 穀草	一期		二期	
	穀	草	穀	草
排水	4584.3**	3920*△	3215△	2505.5
不排水	3987	3629.3	3050.8	2449

B. 三星試驗地

處理 \ 期作 / 穀草	一期 穀 kg/ha			一期 草 kg/ha			二期 穀 kg/ha			二期 草 kg/ha		
稻草用量	3000	6000	平均	3000	6000	平均	3000	6000	平均	3000	6000	平均
埋草時施肥	4937	5154	5046	4967	5138	5053	3447	3365	3406	3418	3380	3399
埋草時不施肥	5005	5136	5071	5004	5246	5125	3321	3347	3334	3216	3175	3196
平均	4971	5145	5049	4986	5192	5089	3384	3356	3370	3317	3278	3298

表 3. 水稻排水施用矽酸鈣及重磷鉀肥試驗產量（公斤／公頃）

A. 冬山

處理			5 普通	6 磷鉀鉀穗肥	7 由6加矽酸鈣	8 同6處理	平均	指數	LSD 1%	LSD 5%
一期	穀	A 不排水	3139	3446	4596	3411	3648△*	88.54		
		B 排水	3424	3872	4965	4220	4120.3	100		
		平均	3231.5	3659	4780.5	3815.5			749	547
	草	A 不排水	3606	3539	3685	3843	3668.3	92.24		
		B 排水	4003	3924	4056	3924	3976.8	100		
		平均	3804.5	3731.5	3870.5	3883.5				
二期	穀	A 不排水	2813	2666	3226	2621	2831.5*	90.84		
		B 排水	2965	3137	3406	2960	3117	100		
		平均	2889	2901.5	3316	2791			221	161
	草	A 不排水	2662	2584	2616	2548	2602.8	101.11		
		B 排水	2533	2598	2581	2585	2574.3	100		
		平均	2597.5	2591	2598.5	2566.5				

B. 三星

處理		5 普通肥料	6 重磷鉀鉀穗肥	7 6加矽酸鈣	備考
一期	穀	5341	5210	5369	
	草	4929	4650	5063*	
二期	穀	3574	3468	3653	
	草	3567	3548	3735	

5.暗渠排水處理之效果　表2及表3內顯示十分清楚，差異顯著度常超過1%故在多山，排水效果十分顯著，Puttaswamygwda 等試驗，排水有顯著之效果[11]。Sahoo 等試驗，重施有機肥料，而不排水，水稻產量大減[14]。

6.矽酸鈣之效果　表3肥料試驗，多山矽酸鈣加重磷鉀肥區谷產量，平均高達 4,781公斤／公頃。比普通肥料 3,282公斤／公頃，增產極爲顯著，但在三星雖有增產，然而差異不顯著。

7.重磷鉀鉀穗肥在多山平均產量3,659公斤／公頃，比普通肥料區增產367公斤／公頃即10%，但差異不達顯著。

8.依調查結果，處理對水稻抗病有顯著的提高，故水稻增產多因減低病害率之結果。

討　論

試驗結果顯示了下列5項問題

1.適當處理，可提高水稻抗病力。

2.二地稻田生產力相差甚巨，多山最高產量處理爲重磷鉀鉀穗肥並施矽酸鈣區，一期產量達4,965公斤／公頃，最低爲普通肥料不排水區，一期產量僅3,139公斤／公頃。三星最高產量爲重磷鉀鉀穗肥加矽酸鈣區，一期產量達5,369公斤／公頃，最低爲重磷鉀鉀穗肥區，一期谷產量5,210公斤／公頃，故二處最高產量相差400公斤，最低產量相差近2,100公斤。

3.施用稻草，在多山效果大，但在三星無增產效果。

4.二期作產量不易由本試驗方法予以提高。多山最佳處理產量僅3,316公斤／公頃，三星亦僅3,653公斤／公頃，比一期作產量遠低。故二期作產量之提高方法值得研究。

5.排水處理爲排水不良低產水田增產之有效方法。

6.矽酸鈣及重磷鉀肥之效果，因土壤環境及管理方法而異。

上列問題，就本試驗資料檢討如下：

(一) 處理增產多由增加水稻抗病力所引起。

1.稻熱病與水稻產量之關係。

a. 稻株 SiO_2 含量與稻熱病之關係。

水稻生長期中，於最高分蘗期，幼穗形成期及收穫時採取稻藁樣品，所含 SiO_2 之平均值因各處理而不同。多山水稻於最高分蘗期發生稻熱病，圖1爲多山一期作各處理稻株 SiO_2 含量平均值與稻熱病發生率之關係。施用矽酸鈣之處理7，植物體 SiO_2 含量最高，稻熱病之發生率最低；施用稻草者 SiO_2 含量也較普通肥料區爲高，稻熱病亦有減低；而普通肥料不排水處理 5A 之 SiO_2 含量最低，其稻熱病發生率也最高，與連 深先生51年試驗結果相符[3]。

在同圖內，排水處理 (B) 比不排水處理 (A) SiO_2 含量皆高，而稻熱病皆低，排水處理與稻熱病之資料列於表4。

b. 稻株 SiO_2 含量與穀產量之關係

圖1所示，多山一期作穀產量與稻株平均 SiO_2 含量之關係；即凡 SiO_2 含量高者，穀產量均高。

c. 稻熱病與穀產量之關係

圖1所示，多山一期作各處理稻熱病與穀產量之關係；即凡稻熱病率高者，穀產量均低。

d. 穀產量與稻熱病，稻株 SiO_2 含量之相關

圖2爲葉稻熱病與穀產量之相關及稻株 SiO_2 含量與穀產量之相關，三者之互相關係至爲明顯，此點與吳啓東先生等52及54年之試驗結果相符[24]。

葉稻熱病與穀產量之相關 $r=-0.95^{**}$，$N=16$，$y=5,622.37-48.75x$ 稻株 SiO_2 含量與穀產量之相關 $r=0.89^{**}$，$N=16$，$y=1,032.56+531.41x$

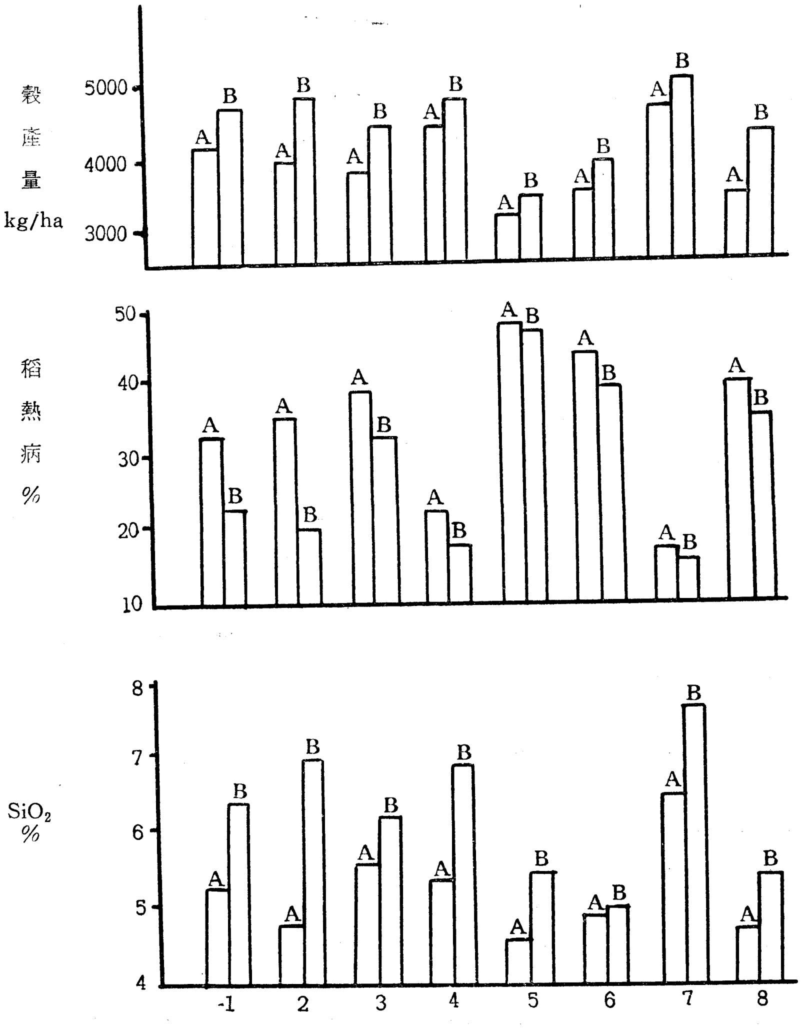

圖 1.' 稻株各期 SiO_2 含量平均稻熱病，穀產量之關係

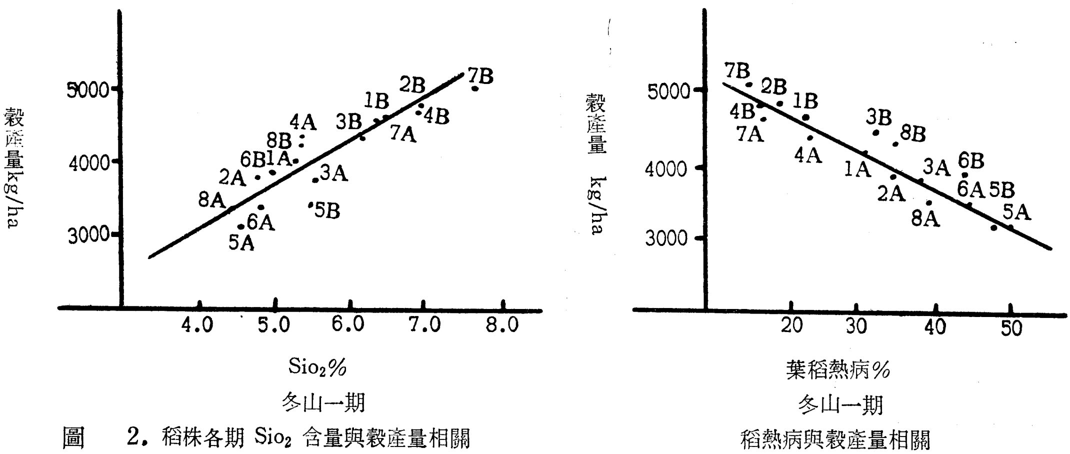

圖 2. 稻株各期 Sio_2 含量與穀產量相關

表 4. 處理與稻熱病發生率之關係

期作	噴藥處理	排水處理	(1,2) 藁3000kg/ha	(3，4) 藁6000kg/ha	(5) 普通肥料	(6) 重磷鉀	(7) (6)+SiO_2	(8) 同(6)	比較說明

冬　山

葉稻熱病 %

期作	噴藥處理	排水處理	(1,2)	(3，4)	(5)	(6)	(7)	(8)	比較說明
一期	噴藥	A 不排水	33	30.8	47.8	44.2	17.6	39	1 排水減輕病害。 2 SiO_2效果大。 3 重磷鉀有效果。 4 施稻草有效果。
		B 排　水	21.2	24.7	47.6	38.8	15.5	34.8	

穗稻熱病 %

期作	噴藥處理	排水處理	(1,2)	(3，4)	(5)	(6)	(7)	(8)	比較說明
一期	噴藥	A 不排水	18.63	16.10	8.82	12.45	17.34	19.87	排水效果大。
		B 排　水	10.05	10.81	9.88	12.61	7.19	10.67	

穗紋枯病 %

期作	噴藥處理	排水處理	(1,2)	(3，4)	(5)	(6)	(7)	(8)	比較說明
二期	不噴藥	A 不排水			11.1	12.8	13.6	29.3	排水效果最大。
		B 排　水			4.2	2.6	1.3	0	
	噴　藥	A 不排水			20.4	35.5	16	15.7	1 排水效果大。
		B 排　水			12.9	4.7	3.2	8.0	2 噴藥效果不若排水

穗稻熱病 %

期作	噴藥處理	排水處理	(1,2)	(3，4)	(5)	(6)	(7)	(8)	比較說明
二期	不噴藥	A 不排水			65.5	73.8	61.6	77.1	排水略有效果。
		B 排　水			66.6	51.2	25.3	72.6	
	噴　藥	A 不排水			61	74.9	45.2	56.2	1 噴藥略有效果。
		B 排　水			62.6	49.6	36.3	48.5	2 排水仍有效果。

三　星

穗頸稻熱病%

期作	噴藥處理	排水處理	(1,2)	(3，4)	(5)	(6)	(7)	(8)	比較說明
一期	噴藥		8.1	7.8	3.46	5.88	2.12	—	1 SiO_2效果大。 2 處理 5 少病因農家注意加以防病之結果。

註：稻穗一穗中有$\frac{1}{3}$穀粒罹病者，則爲病穗。

2.各處理水稻抗病力與農藥防治力之比較

一期作發現適當處理可增加水稻之抗病力，乃於二期作留Ⅰ、Ⅱ兩重複不噴稻病防治農藥（但噴用防蟲農藥），Ⅲ、Ⅳ（三星至Ⅴ）重複依農民防治農藥照常噴藥，各處理重複平均發病率，例如表4，該表顯示各處理間之發病率差異顯著，且凡處理能提高水稻抗病力者，雖不噴農藥稻病率並不增高。噴藥處理各重複水稻產量平均減去不噴藥處理產量之差數，則爲噴藥之效果（負數爲抗病力有效果），列於表5。

表5. 第二期作各處理、噴藥效果（噴藥處理平均產量—不噴藥處理平均產量）

地區	穀草	排水	(5) 普通肥料	(6) 重磷鉀	(7) (6) $+SiO_2$	(8) 同(6)	平均
多山	穀	A不排水	13.95 (4.8%)	−224.5(8.79%)	388 (11.35%)	888 (28.97%)	297.8 (9.99%)
		B排水	−17 (0.58%)	−108 (3.5%)	−76.8 (2.28%)	372.5(11.84%)	42.8 (1.36%)
	草	A不排水	249 (8.94%)	345 (12.52%)	203 (7.47%)	297 (11.02%)	273.5 (9.99%)
		B排水	−82 (3.29%)	206.5 (7.64%)	−253 (10.31%)	283.5 (10.4%)	38.8 (1.5%)
三星	穀		242.2 (6.6%)	103.8 (3%)	− 32.2 (0.9%)	—	104.6 (2.9%)
	草		108.3 (3%)	233.2 (6.4%)	233.7 (6.4%)	—	191.7 (5.19%)

施用稻草處理

地區	多山		三星	
穀或草	穀	草	穀	草
A不排水	55.4 (1.8%)	11.68 (4.66%)	163.4 (4.76%)	163.6 (4.87%)
B排水	− 98.9 (3.12%)	− 78.8 (3.19%)	—	—

（ ）內%係以表內差數爲分子，噴藥處理相當產量平均値爲分母所得，即不噴藥減（或增）產對噴藥區產量之%。

由表5所示，多山谷產量差數，處理5、6、7之排水處理及三星谷之處理7，皆爲負數；即表示不噴藥者比噴藥者產量爲高。其餘處理大多數以噴藥重複產量比不噴藥者爲高。由此足以證明水稻抗病力可由適當管理施肥處理予以提高，且其效果可能比藥劑防治爲高。因藥劑防治可能因時機不適及氣候不當而效果減低，而抗病力可經常產生防病作用之故。又據 Zsoldos 試驗，以 Kitazin 防治稻熱病藥量達 $10^{-3}M \rightarrow 10^{-4}M$ 時，阻礙水稻對 K 及 P 之吸收，生長阻滯[16] 或可爲噴藥反而減產之註脚。

本試驗似以排水配合施用矽酸鈣爲最佳。若土壤排水良，可施用矽酸鈣。

（二）土地生產力問題

土地生產力之判斷，過去曾以土壤剖面性質及表土成分與水稻產量加以比較，但因農民管理技術不同，難獲一致之結果。今利用二土地之不同性質及管理方法而探討其與生產力之關係，裨爲今後判斷土地生產力與改良土壤之參考。

土地生產力爲相當複雜的問題，不但與土壤性質有關且與所在環境關係密切。今試驗地皆在宜蘭，故大氣候不至於發生顯著差異，而微域氣候之差異，如風速、雨量、降雨時間則難免有某些程度之差異。唯多山及大州二試驗地相距僅十餘公里，皆不靠山或近海，其影響力當不至於顯著。故此二地之差異當以土壤性質之差異最爲重要。三星大州爲河床地粘板岩冲積土，土層淺排水良。而多山爲片岩冲積土，土層深質地偏細、排水不完全。三星之先天缺點爲土層太淺；而多山爲排水不完全，過去易患稻病之區域。關於水稻產量方面，三星爲中等土地，而試驗地爲篤農家所經營，平時管理佳，施用堆厩肥多，故產量比當地平均數爲高。多山土地爲當地比較佳之土壤，唯經營之農家爲平常農戶，地力並未加意培養，故土地生產力在平均數上下。玆就本試驗資料檢討試驗地之生產力。

1.土地生產力與土壤深度

三星爲老河床地，土壤深度變化大，田間發現普通肥料處理小區，各區產量差異大。經每小區掘開四孔，度量表土及土表至礫石層深度，以每小區四孔之平均值作爲該小區土壤深度，復統計全部小區谷產量與土壤深度之相關及複相關。相關係數如下：

	一期	二期
表土厚度與谷產量相關	r=0.48**	0.42**
剖面土層深度與谷產量相關	r=0.29	0.49**
谷產量與土壤深度複相關	r=0.506**	0.566**

由是以觀，表土厚度及剖面土層深度與谷產量相關達1%顯著度。再觀表6不論一或二期作，谷產量皆隨表土厚度而增。至於剖面土層深度方面，當深度小於65公分時，凡深度較大者，則產量較高，自65至85公分則產量不易因深度之增加而增。其原因可能有二：其一可能性爲水稻不需要大於65公分之土層，其二可能因土層加深後滲透性當較差，則可能影響水稻產量，則土壤較深之利被滲透性較弱之弊所抵消；雖土層更深亦難增產。因此吾人可以明瞭三星土壤僅有10—40公分厚度者，高產量將不易預期。改良土壤似宜以土壤容量（Capacity）之增加方面着想，例如增加土壤 CEC，引進濁水繼續灌漑等。

表6. 三星土壤厚度與稻谷產量之關係

期	表土cm ＼ 土層cm	25	35	45	55	65	75	85	平均
一期	17	4964.7 (3)	5274.5 (2)	4972 (2)			5135.5 (2)		5073.1 (9)
	19	5059.5 (2)	4976.8 (5)	5166.7 (3)	5088.8 (4)	5369 (1)	5509 (1)	5136 (1)	5110.1 (17)
	21		5603 (1)	5431.3 (3)	5275.5 (2)	5136 (1)	5322.5 (2)		5358.8 (9)
	平均	5002.6 (5)	5129.3 (8)	5217.3 (8)	5151 (6)	5252.5 (2)	5285 (5)	5136 (1)	5164.5 (35)
二期	17	3290.3 (3)	3309 (2)	3294 (2)			3403 (2)		3320.3 (9)
	19	3394 (2)	3394.8 (5)	3325.3 (3)	3602.8 (4)	3769 (1)	3804 (1)	3499 (1)	3501.2 (17)
	21		3516 (1)	3436 (3)	3544 (2)	3534 (1)	3612.5 (2)		3519 (9)
	平均	3331.8 (5)	3415 (8)	3394.5 (8)	3583.2 (6)	3651.5 (2)	3567 (5)	3499 (1)	3459.3 (35)

註（ ）內數字爲頻率。

2.土地生產力與土壤及植物養分含量

（1）二試驗地試驗前後土壤成分比較

土壤試驗前後之成分，列於表 7，該表所示試驗前土壤 pH 及表土有機物含量，二土壤不相上下（三星底土有機物較高），而有效磷及有效鉀三星則較高，交換性鎂三星高出約 3.5倍，交換性鈣三星高近一倍（底土則近似），而鈣可增進谷產量[12]。唯一三星較爲低些者爲 SiO_2 量。

試驗後則土壤成分各有不同程度之變化：

a. 多山

(a) pH 值除施矽酸鈣區外，皆降低不少。

(b) P 於多量 P K 區及一部分施用稻草區增加，而以施矽酸鈣之排水區增加最多。

表7. 土 壤 成 分

成分	處理 / 排水	一期試驗後 1	2	3	4	5	6	7	8	試驗前 表土	亞表土
多山											
PH	A	5.3	5.3	5.0	4.9	5.3	5.2	5.6	5.3	5.6	6.2
	B	5.2	5.2	5.1	5.2	5.4	5.2	5.9	5.5		
Bray P_1P ppm	A	19.1	24.2	22.7	22.8	17.2	20.1	25.0	22.9	19.1	18.4
	B	17.8	18.8	21.3	24.3	19.8	25.6	43.3	30.4		
Mehlich's K ppm	A	30.4	34.4	30.0	31.4	23.8	32.4	44.8	31.6	33.8	14.4
	B	27.0	31.6	32.0	29.6	27.6	34.4	52.4	30.0		
置換性 Ca me/100g	A	3.12	3.12	3.47	2.81	2.78	2.73	4.22	2.89	2.89	3.20
	B	2.89	2.89	2.96	3.36	3.04	2.89	4.99	3.12		
置換性 Mg me/100g	A	0.41	0.43	0.41	0.42	0.36	0.42	0.44	0.36	0.44	0.57
	B	0.39	0.40	0.45	0.49	0.39	0.39	0.50	0.44		
SiO_2 ppm	A	41	45	42	43	45	41.5	660	42	60	81
	B	45	47.5	45	52.5	62.5	42	1180	48.8		
有機物（%）										4.5	1.5

三　　　星

pH		5.3	5.4 (—)	5.4 (—)	5.4 (—)	5.3	5.5	5.6		5.7	56
Bray P_1P ppm		24.5 (—)	32.7 (—)	30.7 (—)	33.6 (═)	39.5 (═)	33.2 (—)	37.8 (//)		33.3	12.4
Mehlich's K ppm		26.0	23.0	32.4	33.6	36.4	38.2	54.4 (//)		45	31.2
置換性 Ca me/100g		1.42	1.44	1.41	1.44	1.35	1.44	1.40		1.54	1.48
SiO_2 ppm		46.3	47.5	42	42	47.5	48.3	115 (//)		56	50
有機物（%）										4.5	2.98

註：上表內多山數字下"——"表示A或B較高"══"表示較高且比試驗前爲高，"//"試驗前爲高。三星數字下"——"比多山同處理爲高，"══"比多山同處理爲高且比較試驗前爲高，"//"比較試驗前高。

(c) K，一部分增加，以施 SiO_2 區爲顯著。

(d) Ca，施稻草以不排水處理，不施稻草以排水處理增加明顯（又施矽酸鈣，增加Ca較多）。

(e) Mg，在施用矽酸鈣區增加，行排水者有略高之趨勢。

(f) SiO_2，排水者高於不排水者，加矽酸鈣者大有增加，故排水似有促進 SiO_2 溶解之象徵。

b. 三星

(a) 除多施肥料處理外，試驗後土壤成分均低於試驗前。

(b) 試驗後 pH、P、Ca、Mg 皆比多山爲高，但 SiO_2 則較少。

依上述情形判斷，排水似可促進土壤有效成分之增加，三星土壤生產力較高似與 P、K、Ca、Mg 較高有關（土壤排水情形較佳，亦可能有關）。

（2）植物養分含量之比較

表 8.　多山、三星植物體中養分含量％比較表

一　　　期

地　點	排水處理	1—4 處理						5—7 處理					
		N	P	K	Ca	Mg	SiO_2	N	P	K	Ca	Mg	SiO_2
最高分蘗期													
多　山	A	3.54	0.37	2.4	0.3	0.19	5.3	3.85 (—)	0.34	2.54	0.29	0.18	5.1
多　山	B	3.76 (—)	0.37	2.35	0.3	0.20	6.3 (—)	3.74	0.33	2.55	0.3	0.19	5.8
三　星		3.73 (—)	0.45 (—)	2.41	0.35	0.26	5.8	4.12 (—)	0.52 (—)	3.05 (—)	0.3	0.23	5.3

續表 8

地點	排水處理	1—4處理 N	P	K	Ca	Mg	SiO_2	5—7處理 N	P	K	Ca	Mg	SiO_2
						幼穗形成期							
多山	A	2.05	0.27	2.03	0.3	0.24	4.8	1.88	0.28	1.97	0.3	0.20	5.0
多山	B	2.03	0.28	2.02	0.3	0.20	6.1	2.00	0.28	1.96	0.3	0.19	5.3
三星		1.72	0.32	1.84	0.34	0.26	4.6	1.77	0.30	1.81	0.33	0.24	4.3
						藁							
多山	A	0.70	0.08	1.23	0.24	0.15	5.7	0.73	0.10	1.38	0.23	0.13	5.6
多山	B	0.66	0.09	1.25	0.23	0.11	7.5	0.71	0.09	1.44	0.23	0.13	6.5
三星		0.68	0.11	1.40	0.26	0.24	5.8	0.68	0.11	1.49	0.25	0.22	6.4
						穀							
多山	A	1.38	0.20	0.25	0.09	0.12	1.9	0.97	0.21	0.26	0.08	0.11	1.7
多山	B	1.38	0.21	0.24	0.08	0.11	2.0	0.97	0.21	0.23	0.08	0.11	2.1
三星		1.09	0.26	0.24	0.08	0.14	1.8	1.1	0.24	0.24	0.08	0.14	1.7
						二期							
						最高分蘖期							
多山	A	2.5	0.36	2.7	0.39	0.16	6.15	2.56	0.39	3.02	0.39	0.17	7.15
多山	B	2.6	0.35	2.64	0.38	0.15	6.8	2.71	0.35	2.77	0.36	0.13	6.5
三星		2.28	0.35	2.51	0.40	0.31	4.45	2.22	0.34	2.71	0.37	0.23	5.27

續表8

地點	排水處理	1—4處理 N	P	K	Ca	Mg	SiO_2	5—7處理 N	P	K	Ca	Mg	SiO_2
幼穗形成期													
多山	A	1.01	0.21	1.25	0.30	0.06	4.1	1.15	0.21	1.47	0.30	0.08	4.8
多山	B	1.15	0.23	1.4	0.30	0.06	5.3	1.20	0.22	1.50	0.30	0.06	5.6
三星		0.90	0.22	1.17	0.25	0.13	4.0	1.05	0.23	1.47	0.27	0.10	4.67
藁													
多山	A	0.69	0.10	1.16	0.33	0.08	7.1	0.83	0.14	1.58	0.30	0.07	7.2
多山	B	0.69	0.09	1.49	0.30	0.03	8.0	0.78	0.11	1.84	0.30	0.06	8.2
三星		0.73	0.12	1.78	0.33	0.08	6.0	0.71	0.10	1.93	0.35	0.06	6.67
穀													
多山	A	1.06	0.24	0.21	0.46	0.10	1.50	1.01	0.24	0.22	0.46	0.10	1.9
多山	B	0.97	0.25	0.23	0.53	0.10	1.90	1.06	0.24	0.22	0.43	0.09	1.9
三星		0.96	0.24	0.24	0.45	0.11	1.70	0.94	0.24	0.24	0.40	0.10	1.67

註：三星數字下加"——"爲比多山高，多山A或B數字下加"——"者爲二者中之高者。

由上表所示：

a. 最顯著者爲排水促進水稻對 SiO_2 之吸收，是爲其增加耐病力之主要原因。

b. 一期作排水處理於最高分蘖期水稻含 N 略高。

c. 排水處理對水稻其他養分之含量，未見有良好影響。

d. 三星土地生產力較高，而一期水稻中 P、Ca、Mg（有時 N、K）比多山者含量爲高。二期三星水稻 Mg 含量比多山略高而 N、P、K 及 Ca 偶有略高者。

再由表7土壤成分比較，三星土壤中 BrayP_1P、Mehlich's K，置換性 Ca、Mg 皆比多山爲高，但 SiO_2 則稍低，故植物體養分之高低與土壤成分之高低兩相符合。三星產量較高不無理由。故多山土壤如能改進肥培管理方法，並行排水，理想之產量不難獲得。

結　論

增產水稻常以調節 NPK 肥料爲手段，但觀冬山 N 120公斤／公頃，重 PK 及 K 穗肥 (P_2O_5 100kg/ha, K_2O 120kg/ha) 雖有效果，但產量仍遠低於三星普通肥料區；故欲以 NPK 增產水稻在某種程度以外，則非改良土壤不可。

三星土壤產量雖相當高，但前節說明，因土層太淺，產量無法提高尙有改良之必要。

本試驗結果第一項說明：土壤生產力低之冬山水田，施用稻草增產顯著；而生產力高之三星水田施用稻草似有減產之趨勢。故施用稻草可能爲某些生產力低水田之改良材料。排水不完全之冬山土壤，排水爲增進水稻吸收 SiO_2 及生長初期 N 素而增進其抗病力及增產之至佳方法。又前段所示，三星土壤所含 P、K、Ca 及 Mg 皆較冬山土壤爲高，且三星水稻體之這些成分的含量，亦較冬山爲高。就平常研究所悉，凡土壤肥培佳，常有 P、Ca 較高之趨勢。而冬山稻體中 Mg 常低，由於土壤中可置換性 Mg 極低，此點值得注意。故土壤肥培除經常施用堆廐肥等有機肥料之法外，可由土壤及植物分析探尋植物所需養分之含量及營養狀況，而由補充其缺少部分，使達平衡，亟待研究。

本試驗冬山土壤，凡植物體中 SiO_2 含量高者則產量較高；但三星土壤中 SiO_2 含量略低，稻體中含SiO_2 亦常比冬山排水處理低，但其產量反高。又三星一期作普通肥料處理產量相當高(5,341kg/ha)，但水稻各期（最高分蘖期，幼穗形成期及藁）含 SiO_2 量平均僅 5.0 %，而冬山一期普通肥料不排水處理，其 SiO_2 平均含量爲4.6%，而穀產量僅有 3,139kg/ha，普通肥料排水處理之 SiO_2 含量爲5.5%，而穀產量僅有 3,424kg/ha，且冬山產量最高之重磷鉀加矽酸鈣又排水處理其平均SiO_2含量有 7.7%，其產量僅爲 4,965kg／ha。乃因三星農民於見到普通肥料處理患稻熱病較爲顯著時，則儘力加以撲滅。故 SiO_2 對水稻之增產似以增進抗病力之主要原因。故在藥劑防治效果較差時，SiO_2 則具顯著之效果。宜蘭及臺灣北部地區，陰濕天氣較多，藥劑防治受某種程度之限制，效果常不高，SiO_2 之施用仍屬必要。故改良土壤須視情形之需要，而補供矽酸鈣。

參考文獻

1. 連　深・1976・中部粘板岩冲積土，若干土系之特性與水稻生育收產之關係・農業研究 12(2)：93—107.
2. 連　深・1963・矽對水稻之效應（第一報）・農業研究 12(3)：16—28.
3. 林國謙、連　深、李蘭帝・1962・矽酸對水稻產量之效應・農業研究11(3)：期。
4. 吳啓東、連　深・1965・矽對水稻之效應（第三報）・農業研究14(3)：
5. 陳春泉、臺北及宜蘭縣土壤調查報告・未付印稿。
6. 三井進午、熊澤喜久雄・1964・水稻根の活性に及ほ要素の供給及び土壤還元の影響・日本土壤三肥料學雜誌(35)：115—118.
7. Giordano, P. M., J. C. Noggle and J. J. Mortvedt. 1974. Zinc uptake by Rice as Affected by Metabolic Inhibitors and Competued Cations, Plant and Soil 41 : 637-646.
8. Haung, K. H. 1976. The Role organic Matter in Rice Production-- with Special Reference to Harada's Concept. The Fertility of Paddy Soils and and Fertilizer Applications for Rice. : 49-59. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region.
9. Idris, M. D., M. M. Hossain and F. A. Choudhury. 1975. The Effect of Silicon on lodging of Rice in Presence of Added Nitrogen-- Short Communication, Plant and Soil 43 : 691-695.
10. Malcolm, Mcphail, A. L. Page and F. T. Bingham. 1972. Adsorption Interactions of Monosilicic and Boric Acid on Hydrous Oxides of Iron and Aluminium, Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 36 : 510-514.
11. Puttaswamygowda, B. S., E. F. Wallihan and P. F. Pratt. 1973. Effects of Drainage and Organic Amendments on the Relation of a Sodic Soil Cropped with Rice. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 37 : 621-625.

12. Prateep Krasaesindhu and J. L. Sim. 1972. Response of Rice to Nitrogen and Calcium Nutrotion. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 36 : 457-461.

13. Elgawhary, S. M. and W. L. Lindsay. 1972. Solubility of Silica in Soils. Soil Proc. Sci. Soc. Amer. 36 : 439-442.

14. Sahoo, R., A. K. Bandyopadhya and B. B. Nanda. 1970. Effect of Organic Manures With and without Drainage on Rice Yield, Nutrient-up take and Soil Aggregation. J. Indian Soc. Soil Sci., 18 (1) : 51-55.

15. Yong Seok Lee and Richmond J. Bartlett. 1976. Stimulation of Plant Growth by Humic Substances. Jour. Soil Soc. Sci. Amer. 40 : 876.

16. Zsoldos, 1974. Uptake and Efflux of Ions in Fungicide Treated Rice Plants, Plant and Soil, 41 : 41-49.

RESPONSE OF RICE TO AMANDMENT WITH SLAG, STRAW AND UNDER-GROUND DRAINAGE IN RELATION TO SOIL CHARACTERS OF LOW YIELD PADDY IN ILAN AREA[1]

by

Chen Chun Chuan

Summary

1. Big portion of paddy field in Ilan area is low in yield due to shallow soil or poor draianage. It is an important problem for that area.

2. Field experiments were carried out on shallow paddy soil in Sansin by applying slag, straw, heavy dosage of P and K and split application of K at panicle initiation. And these treatments plus under-ground drainage were applied on imperfetly drained paddy in Tungshan. Drainage was made by digging parall ditches 50 cm apart one another, 35 cm deep, 10 cm wide and filled with rice hull to 25 cm below soil surface then covered with soil.

3. Results showed that in imperfectly drained soil, drainage increased grain yield 15% in the first crop and 5.4% in the 2nd crop when it was coupled with straw application. But 13% increase in the first crop and 10% in the 2nd crop was obtained by drainage from plots without straw application.

4. In Tungshan, 31% increase of grain yield by application of straw in first crop, and 21% increase by residual effect of straw in second crop. So that rice response to straw application on soil of low yield.

1. Contribution No. 834 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

5. In Tungshan, heavy dosage of P and K and split appliction of K at panicle initiation increased grain yield by 11.5% in first crop and only 0.4% in second crop.

6. In Tungshan, heavy dosage of P and K and split application of K at panicle initiation plus 3,000 kg/ha of slag (900kg/ha SiO_2) increased grain yield by 45.7 % for first crop and 14.8% for second crop.

7. Rice was not possitively affected by straw in fairly productive soil by good management in Sansin field.

8. In Sansin field, heavy fertilization and slag treatments raised grain yield insignificantly but they raised straw yield of first crop at 5% level of significant.

9. Grain yield of Sansin field was highly correlated with thickness of surface soil and thickness of soil profile with coefficient of 0.48** and 0.49** respectively. but yield did pnot increase with soil depth in the portion of>65 cm. In other words it is hardly to expect very high yield of rice in shallow soils. And no better effects might be expected by increasing depth of medium textured soil from 65 cm to deeper one.

10. In Tungshan field, slag and under-dround drainage were suitable ways for improving paddy soil. Minimizing blast disease was the main reason. Very carefull and effec tive control of blast made the function of slag invisible in Sansin field.

11. In Tungshan field, under-ground drainage was a better way for blast control of rice in comparison with fungicide. Slag was better than fungicide for the same purpose in both Tungshan and Sansin fields.

12. Drainage increased Si content of rice plants and there was a tendence to increase availability of other elements. in the Soil.

13. Soil in Sansin field contains more exchangeable Ca, Mg and available P and K resulting in higher content of these elemants in rice plants, and was more productive than that of Tungshan field. So that plant coupled with soil analyses may provide some infor mation for soil amendment practices.